

## **Implementasi *Digital Factory* pada Industri Manufaktur Skala Menengah: Studi Pendahuluan**

**Oki Sunardi\* dan Kevin Joy Saputra**

Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Kristen Krida Wacana

**Abstrak.** *Industri manufaktur skala menengah di Indonesia dihadapkan pada beberapa tantangan, seperti: ekonomi biaya tinggi, perubahan teknologi informasi yang pesat, serta perubahan permintaan dan pasar yang sangat dinamis. Tantangan-tantangan tersebut secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi keberlangsungan hidup perusahaan. Studi pendahuluan ini bertujuan untuk memperkenalkan manfaat implementasi Digital Factory dalam mengatasi beberapa tantangan tersebut. Penelitian-penelitian sebelumnya mengidentifikasi bahwa penerapan digital factory pada perusahaan skala besar berbasis teknologi telah mampu meningkatkan efisiensi proses pengembangan produk dan proses produksi, dari segi waktu dan biaya. Studi ini mencoba mengidentifikasi beberapa prasyarat utama implementasi digital factory dalam industri manufaktur skala menengah di Indonesia. Sebagai studi pendahuluan, penelitian dilakukan pada usaha pengolahan plastik skala menengah di Tangerang, yang telah menerapkan teknologi digital dalam proses produksinya. Terdapat tiga prasyarat mendasar yang dibutuhkan agar implementasi digital factory dapat berjalan: kelengkapan data dan informasi tentang urutan produksi, desain produk, desain bangunan dan data pekerja; ketersediaan perangkat keras dan perangkat lunak simulasi; serta tingkat ketrampilan dan pengalaman operator dalam penggunaan software simulasi. Hubungan antar variabel dalam penelitian ini dimodelkan dan diolah dengan SmartPLS. Penelitian awal ini menemukan bahwa kelengkapan data dan informasi, ketersediaan perangkat keras dan lunak simulasi, serta kemampuan dan pengalaman pekerja dalam bidang simulasi virtual, secara bersama-sama memiliki pengaruh signifikan terhadap implementasi digital factory dan keberlangsungan perusahaan (pengembangan dan desain produk yang lebih baik (inovasi), perancangan dan simulasi proses produksi yang lebih efisien (efisiensi), dan kemampuan menyesuaikan diri terhadap perubahan permintaan yang lebih baik (adaptasi)).*

**Kata kunci:** *usaha manufaktur skala menengah, digital factory, inovasi, efisiensi, adaptasi.*

**Abstract.** *Medium-sized manufacturing industry in Indonesia is overwhelmed by certain challenges: high-cost economy, significant changes in information technology, and dynamic market and demand. All of these challenges affect gradually or directly to the sustainability of the industry. This preliminary study aims to conceptualize the importance of 'digital factory' implementation to dealing with sustainability issues. Previous studies showed that the implementation of digital factory, in the context of large-sized technological-based manufacturing enterprises, has been proved to increase the efficiency of product development process and production process, in term of time and cost. This study tries to identify several key issues to support the implementation of digital factory: data and information completeness, hardware and software availability, and operators' skill and experience in conducting simulation. The relationships of the variables are modelled and analyzed using SmartPLS. This preliminary study found that, concurrently, data and information completeness, hardware and software availability, and operators' skill and experience in conducting simulation have significant effect to digital factory implementation, as well as the enterprise's sustainability (better product design and improvement (innovativeness), more efficient in design and simulation of production process (efficiency), and better capability to deal with dynamic demand (adaptiveness)).*

**Keywords:** *medium-sized manufacturing enterprise, digital factory, innovativeness, efficiency, adaptiveness.*

---

\*Corresponding author. Email: [oki.sunardi@ukrida.ac.id](mailto:oki.sunardi@ukrida.ac.id)

Received: 25 Mei 2016, Revision: 01 Oktober 2016, Accepted: 26 Oktober 2016

Print ISSN: 1412-1700; Online ISSN: 2089-7928. DOI: <http://dx.doi.org/10.12695/jmt.2016.15.3.2>

Copyright©2016. Published by Unit Research and Knowledge, School of Business and Management - Institut Teknologi Bandung (SBM-ITB)

Pendahuluan

Menurut UU No. 20/2008 tentang usaha skala mikro, kecil dan menengah, usaha mikro dikategorikan sebagai suatu unit bisnis dengan pendapatan tahunan maksimum Rp. 300 juta, atau suatu unit bisnis dengan total aset awal maksimum Rp. 50 juta, tidak termasuk lahan dan gedung. Usaha kecil dikategorikan sebagai unit bisnis dengan pendapatan tahunan maksimal Rp. 2.5 miliar atau unit bisnis dengan total aset awal antara Rp. 50 juta dan 500 juta, tidak termasuk lahan dan bangunan. Sedangkan usaha menengah dikategorikan sebagai unit bisnis dengan pendapatan tahunan antara Rp. 2.5 miliar dan 50 miliar, atau unit bisnis dengan total aset awal antara Rp. 500 juta dan 10 miliar, tidak termasuk lahan dan bangunan. Dibandingkan dengan beberapa negara maju dan berkembang di kawasan Asia Pasifik, Indonesia merupakan negara yang dianggap memiliki pertumbuhan ekonomi yang relatif stabil. Berdasarkan prediksi, pertumbuhan ekonomi Indonesia akan berada diposisi tiga besar dunia setelah Tiongkok dan India di tahun 2025 mendatang.

Kebangkitan perekonomian Indonesia ini dipengaruhi oleh adanya perbaikan dan pertumbuhan pada sektor industri manufaktur. Pada tahun 2014 yang lalu, terjadi pertumbuhan 6.5 persen pada industri manufaktur non migas yang dihitung secara kumulatif. Angka pertumbuhan ini lebih tinggi dibandingkan pertumbuhan ekonomi tahun sebelumnya yang mencapai 6.29 persen. Kontribusi industri manufaktur ini juga dinyatakan melalui data peningkatan investasi Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN) dan Penanaman Modal Asing (PMA) pada Kementerian Perindustrian dan Perdagangan. Menurut Badan Koordinasi Penanaman Modal Indonesia (BKPM), secara umum, sektor industri manufaktur non migas merupakan sektor yang paling populer dimata investor asing maupun dalam negeri pada periode 2010-2015. Realisasi investasi tahun 2015 pada sektor ini mencapai Rp. 172 trilyun, atau setara dengan 43% nilai investasi total di Indonesia (CNN Indonesia, 21 Jan 2016). Hal ini menunjukkan pentingnya industri manufaktur non-migas bagi perekonomian Indonesia. Tabel 1 menggambarkan laju pertumbuhan Pendapatan Domestik Bruto (PDB) pada industri manufaktur di Indonesia.

Tabel 1.  
*Laju Pertumbuhan Produk Domestik Bruto*

INDUSTRI PENGOLAHAN	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>a. Industri Migas</b>									
1). Pengilangan Minyak Bumi	-1.89	-0.13	0.92	0.53	1.25	0.53	-1.93	1.14	1.32
2). Gas Alam Cair	-1.48	-0.01	-1.30	-3.14	0.01	-2.15	-3.53	-4.26	-5.53
<b>b. Industri tanpa Migas</b>									
1). Makanan, Minuman dan Tembakau	7.21	5.05	2.34	11.2 2	2.78	9.14	7.57	3.34	7.24
2). Tekstil, Brg. kulit & Alas kaki	1.23	-3.68	-3.64	0.60	1.77	7.52	4.27	6.06	2.35
3). Brg. kayu & Hasil hutan lainnya.	-0.66	-1.74	3.45	-1.38	-3.47	0.35	-3.14	6.18	7.33
4). Kertas dan Barang cetakan	2.09	5.79	-1.48	6.34	1.67	1.40	-4.75	4.45	6.15
5). Pupuk, Kimia & Barang dari karet	4.48	5.69	4.46	1.64	4.70	3.95	10.50	2.21	1.27
6). Semen & Brg. Galian bukan logam	0.53	3.40	-1.49	-0.51	2.18	7.19	7.80	3.00	1.52
7). Logam Dasar Besi & Baja	4.73	1.69	-2.05	-4.26	2.38	13.06	5.86	6.93	4.21
8). Alat Angk., Mesin & Peralatannya	7.55	9.73	9.79	-2.87	10.38	6.81	7.03	10.54	6.05
9). Barang lainnya	3.62	-2.82	-0.96	3.19	3.00	1.82	-1.13	-0.70	8.91

Sumber. Badan Pusat Statistik, 2014

Saat ini terindikasi terdapat lebih dari 1000 perusahaan industri manufaktur skala menengah di Indonesia yang berpotensi untuk berkembang menjadi perusahaan skala besar dan berdaya saing global. Usaha menengah (UM) sendiri merupakan bagian penting yang tidak dapat dilepaskan dari dunia usaha dan bisnis, dengan jumlahnya yang mencapai lebih dari 48.000 unit usaha di Indonesia (Kementerian Koperasi dan Usaha Kecil Menengah, 2014). Namun pada kenyataannya, seringkali potensi ini tidak diiringi kemampuan perusahaan untuk bersaing secara biaya maupun kecepatan respons terhadap perubahan permintaan produk yang inovatif. Lebih jauh lagi, jumlah yang ideal tersebut belum diiringi dengan kemampuan bertahan/*sustainability* yang mandiri (Tambunan, 2011; Bank Indonesia, 2011).

Seringkali ditemui bahwa usaha-usaha dengan skala menengah (UM) belum memahami pentingnya konsep *sustainability* dalam usahanya, sehingga target usahanya adalah keuntungan semata dan bukan keberlangsungan jangka panjang. Perusahaan yang mampu untuk meneruskan usahanya dalam jangka waktu yang panjang memiliki potensi yang lebih besar untuk mampu mencapai kinerja keuangan yang lebih baik (Adams, Thornton, & Sepehri, 2011).

Selain itu, globalisasi dan kemajuan teknologi terus berkembang bersamaan dengan adanya permintaan pasar yang tidak dapat diprediksi. Kemajuan teknologi turut membantu pelaku industri dalam melakukan efisiensi dalam proses manufaktur. Manenti (2014) menemukan fakta bahwa pada 50 tahun terakhir ini perkembangan teknologi telah berjasa dalam meningkatkan produktivitas dan membangun industri manufaktur. Metode proses produksi telah berubah dan lebih maju dengan berkembangnya teknologi manufaktur dan teknologi informasi. Lebih jauh lagi, Manenti (2014) juga menemukan, berdasarkan penelitiannya terhadap 200 perusahaan manufaktur berkelas dunia, bahwa sebagian besar perusahaan yang mampu bertahan turut memfokuskan investasi perusahaannya pada perancangan dan penerapan teknologi digital (*digital factory*).

Penelitian tersebut menguatkan pendapat akan pentingnya pemanfaatan teknologi, khususnya teknologi digital yang terus berkembang cepat dewasa ini. Namun demikian, potensi yang besar dari UM tidak diimbangi dengan kesempatan yang diterima dan hasil yang dicapainya. UM seringkali dibatasi oleh berbagai masalah yang menghambat untuk terus maju, bersaing, dan tetap *sustain* di era persaingan modern ini. Selain itu, UM dibatasi juga dengan masalah sulitnya menembus pasar, ditambah dengan kurangnya keterampilan pekerja dan teknologi yang masih terbelakang. Tambunan dan Chandra (2014) menemukan bahwa permasalahan yang dihadapi UM relatif sama untuk semua negara, daerah, dan sektor usaha. Selain masalah modal, terdapat permasalahan lainnya seperti kemampuan tenaga kerja, teknologi yang dimiliki perusahaan dan informasi mengenai permodalan, sistem rantai pasok, aturan main di pasar, dan lainnya.

Penelitian Agwu dan Emeti (2014) di Nigeria menunjukkan bahwa sebagian besar usaha dengan skala kecil hingga menengah hanya berumur pendek. Hanya sekitar 5% hingga 10% yang mampu untuk *sustain* dan terus berkembang. Sisanya hanya berumur kurang dari 10 tahun. Permasalahan yang dihadapi juga berkisar antara modal, kemampuan tenaga kerja, teknologi dan berbagai aturan dan regulasi dari pemerintahan mengenai pasar. Penelitian Brian dan Shingirayi (2014) di Zimbabwe menemukan bahwa usaha skala kecil hingga menengah memiliki masalah dalam hal keberlangsungan, yang disebabkan paradigma yang berfokus pada profit jangka pendek. Akibatnya, perusahaan mengalami risiko yang lebih besar dari seharusnya bahkan lebih besar dari yang mampu ditanggung, sehingga keberlangsungan perusahaan bukan merupakan visi utama.

Kazimoto (2014) yang melakukan penelitian di Tanzania menemukan bahwa ada enam hal yang menjadi tantangan dan halangan bagi UM untuk mampu bertahan dan berkembang, meliputi: modal, kemampuan pekerja, aturan dan ketentuan pasar, dan informasi.

Informasi masih menjadi kendala bagi UM yaitu segala sesuatu yang terkait kebutuhan dan permintaan konsumen, rantai pasok dan hubungan dengan pasar internasional. Problema berikutnya, adalah bagaimana mengelola pengetahuan akan pasar, informasi terkait sumber daya dan produk, serta kemampuan pekerja secara lebih efisien. Dengan kata lain, diperlukan suatu kemampuan simulasi bagi para pelaku UM yang mengintegrasikan berbagai variabel di atas, sebelum pengambilan keputusan bisnis dilakukan. Selain itu, penelitian yang melibatkan UM sebagai subyek penelitian masih minim, padahal potensi UM dalam membangun ekonomi bangsa telah terbukti signifikan (Hsieh & Olken, 2014).

#### *Konsep Digital factory*

*Digital factory* (DF) merupakan perangkat untuk mendesain, merencanakan dan mengevaluasi proses dan sistem manufaktur menggunakan model dan simulasi tiga dimensi atau secara virtual (Gregor & Medvecky, 2010). *Digital factory* merupakan gambaran visual dari proses dan sistem manufaktur secara keseluruhan, yang digunakan untuk mensimulasikan desain, perencanaan dan evaluasi, baik dari sisi pengembangan proses dan sistem yang sudah ada maupun proses dan sistem yang baru. *Digital factory* dapat digunakan untuk bereksperimen mengenai rancangan sistem kerja dengan berbagai macam alternatif dengan mudah tanpa mengganggu sistem dan proses kerja yang sedang berjalan (Kurkin dan Bures, 2011). Dengan demikian, implementasi DF dapat menghemat waktu dan tenaga, baik dalam rangka pengembangan produk, perencanaan produksi, maupun sistem rantai pasok (SCM World, 2014).

Lebih lanjut lagi, DF dapat diartikan sebagai sebuah lingkungan yang telah terintegrasi dengan komputer dan teknologi informasi dimana semua bentuk asli dari elemen dalam pabrik (*factory*) memiliki bentuk virtualnya untuk disimulasikan (Furmann, 2007). Kuehn (2006), seorang peneliti dari Wuppertal, Jerman, berargumen bahwa tujuan dari konsep *digital factory* adalah berfokus pada metode

produksi yang terus berintegrasi, dan alat produksi yang selalu tersedia. Konsep *digital factory* ini dapat dilihat sebagai sebuah organisasi perusahaan, strategi pengelolaan informasi dan kolaborasi proses-proses produksi dengan jaringan rantai pasok.

*Digital Factory* menawarkan metode dan solusi melalui pemanfaatan *software* untuk desain produk dan perencanaan, pengembangan produk digital, pabrikasi digital, serta meningkatkan kecepatan produksi (Westkämper, Constantinescu, & Hummel, 2006). Hal ini sangat membantu dalam menghadapi permintaan pasar atau kebutuhan konsumen yang terus berubah seiring berkembangnya jaman. Solusi lain yang juga dapat diperoleh adalah integrasi seluruh data produk, proses produksi dan informasi pabrik itu sendiri. Sehingga data yang dibutuhkan akan selalu ada dan tersedia dalam keadaan apa pun.

Lingkungan bisnis dan pasar yang sangat dinamis menuntut para perancang sistem manufaktur untuk menggunakan alat maupun teknik desain yang dapat mempercepat proses perancangan produk maupun proses produksi, dengan biaya dan waktu seefisien mungkin. Furmann dan Krajčovič (2009) mengusulkan pemanfaatan *digital factory* sebagai pendekatan paling efisien. Fungsi utama *digital factory* adalah memodelkan, mensimulasikan, dan memvisualisasikan data, informasi, dan kondisi lingkungan sedekat mungkin dengan kondisi sebenarnya.

Dengan demikian, *digital factory* membantu mempercepat proses inovasi, terutama dalam sistem produksi dan proses pengembangan produk. Argumen ini dibuktikan oleh penelitian Bohusova (2009), yang menemukan fakta bahwa penerapan *digital factory* telah berhasil meningkatkan efisiensi waktu dan biaya diberbagai industri, terutama di industri otomotif, industri alat berat, industri penerbangan, industri perkapalan, industri elektronik, hingga industri barang konsumsi sehari-hari. Namun demikian, penggunaan teknologi yang modern, dalam hal ini teknologi



digital, tidak selalu dapat diterima oleh semua orang tanpa adanya perubahan dan penguasaan yang cukup dari pengguna untuk menerima teknologi modern tersebut, sehingga diperlukan berbagai persiapan agar dalam proses manufaktur dapat menggunakannya dengan efektif. Penelitian-penelitian terdahulu menggambarkan keberhasilan penerapan *digital factory* di berbagai perusahaan besar berbasis teknologi modern. Selain itu, seringkali dibutuhkan bukti akan manfaat dalam mengimplementasikan teknologi atau metode baru, agar setiap insan dalam organisasi mau untuk turut menerapkannya. Penelitian ini disusun sebagai suatu studi awal untuk mencari tahu apa saja kriteria yang dapat mendukung implementasi *digital factory* yang efektif, dalam kaitannya dengan keberlangsungan industri manufaktur skala menengah di Indonesia.

#### *Prasyarat Implementasi Digital Factory*

Implementasi DF sangat menguntungkan bagi industri manufaktur skala menengah. Melalui DF, industri manufaktur skala menengah, yang secara aset dan pemodalannya tidak sekuat industri skala besar, memiliki kesempatan bereksperimen mengenai sistem kerja dengan berbagai macam alternatif dengan mudah tanpa mengganggu proses sistem kerja yang sedang berjalan (Kurkin & Bures, 2011).

Pada penelitiannya, Kurkin & Bures menggunakan *software Technomatic Process Designer* untuk pengaturan waktu operasi dan mendesain tempat kerja secara virtual. Hasilnya didapatkan bahwa perencanaan kerja dan perhitungan waktu pada simulasi virtual yang dibuat dapat dilakukan secara nyata dengan catatan waktu yang hampir sama dengan waktu kerja yang sebenarnya. Rohrlack (2008), melalui eksperimennya menyebutkan bahwa simulasi menggunakan model tiga dimensi akan lebih efektif dibandingkan model dua dimensi. Model dua dimensi memiliki banyak keterbatasan informasi sehingga harus dibuat secara khusus tiap-tiap bagiannya. Akibatnya model yang harus dibuat menjadi lebih banyak dan tidak semua model mencakup sistem secara keseluruhan.

Model tiga dimensi lebih mudah dimengerti dan mencakup seluruh informasi mengenai sistem yang akan disimulasikan. Keseluruhan informasi dapat dimasukkan ke dalam satu model utuh sehingga tidak lagi diperlukan model parsial pada tiap-tiap bagian. Keuntungan lainnya adalah dari sisi penghematan biaya, terutama karena model tiga dimensi tidak memerlukan pengerjaan ulang, cukup menggunakan simulasi sistem saja. DF mampu mencakup seluruh informasi yang ada pada proses produksi, termasuk informasi mengenai bangunan, produk dan para pekerja. Informasi tersebut jumlahnya sangat banyak dan dalam beragam bentuk data (Caggiano, 2010). Hipotesis penelitian 1 dapat dirumuskan sebagai berikut:

*H1: Kelengkapan data/informasi berpengaruh secara signifikan positif terhadap keberhasilan implementasi DF.*

*H1a: Kelengkapan data/informasi bangunan pabrik dan tata letaknya berpengaruh signifikan positif terhadap implementasi DF.*

*H1b: Kelengkapan data/informasi tentang spesifikasi rancangan produk dan proses produksinya berpengaruh signifikan positif terhadap implementasi DF.*

*H1c: Kelengkapan data/informasi tentang pekerja dan pengalamannya berpengaruh signifikan positif terhadap implementasi DF.*

Terdapat beberapa *software* yang mampu melakukan simulasi virtual tiga dimensi secara keseluruhan dan mendukung DF. Caggiano (2010) menggunakan *software DELMLA v.5*, yaitu perangkat lunak produksi *Dassault Systemes* pada tahun 2010. Rohrlack (2008) menggunakan perangkat lunak produksi sendiri, yaitu *MicroStation*. *Software Microstation* membutuhkan sistem operasi 64 bit, *Intel® Core™ i7* yang merupakan prosesor yang kemampuan yang tinggi dan memori yang direkomendasikan mencapai 32 GB. Sedangkan Kurkin dan Bures (2011) menggunakan perangkat lunak *Tecnomatic Process Designer* produksi dari *Siemens*.

Penggunaan perangkat lunak tersebut membutuhkan persiapan-persiapan peralatan perangkat keras atau *hardware* yang mendukung. Sebagai contoh, *DELMIA* membutuhkan *server* beserta *client* dengan spesifikasi yang cukup tinggi (Dassault Systemes, 2010). Oleh karena itu, terlebih dahulu dipersiapkan peralatan dan sistem komputer yang sesuai dengan spesifikasi dari perangkat lunak agar DF dapat dijalankan dalam *software* secara tepat dan lancar. Hipotesis penelitian 2 dapat dirumuskan sebagai berikut:

*H2: Ketersediaan hardware dan software simulasi yang canggih berpengaruh secara signifikan positif terhadap implementasi DF.*

*H2a: Ketersediaan hardware yang canggih berpengaruh signifikan positif terhadap implementasi DF.*

*H2b: Ketersediaan software simulasi canggih berpengaruh signifikan positif terhadap implementasi DF.*

*H2c: Ketersediaan sistem operasi computer yang canggih berpengaruh signifikan positif terhadap implementasi DF.*

Selain itu, DF tidak hanya berbicara mengenai simulasi dari alternatif-alternatif perencanaan yang dibuat, melainkan suatu bentuk gambaran virtual yang terintegrasi dan mirip dengan kenyataannya (Kuehn, 2006). Menjalankan DF berarti menjalankan sebuah pabrik dalam dunia virtual sama halnya dengan dunia nyata. Implementasi DF yang dikemukakan Gregor dan Medvecky (2010) pada industri manufaktur skala besar menunjukkan bahwa DF merupakan sistem yang secara terus menerus dan berkala harus disesuaikan dan dikontrol berdasarkan kondisi nyata. Agar dapat bermanfaat secara terus menerus, diperlukan kemampuan khusus dari operator yang menangani DF, yaitu kemampuan atau *skill* untuk merancang model tiga dimensi virtual. Hipotesis 3 dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

*H3: Tingkat kemampuan/skill dan pengalaman operator dalam bidang simulasi virtual berpengaruh signifikan positif terhadap implementasi DF.*

*H3a: Pengalaman operator dalam melakukan simulasi virtual berpengaruh signifikan positif terhadap implementasi DF.*

*H3b: Keterampilan operator menggunakan perangkat simulasi virtual berpengaruh signifikan positif terhadap implementasi DF.*

*H3c: Pendidikan operator yang semakin tinggi semakin berpengaruh signifikan positif terhadap implementasi DF.*

Secara bersama-sama Hipotesis penelitian 4 dapat dirumuskan sebagai berikut:

*H4: Kelengkapan data dan informasi, ketersediaan hardware dan software yang canggih, dan tingkat kemampuan dan pengalaman operator dalam bidang simulasi virtual secara bersama-sama berpengaruh signifikan positif terhadap implementasi DF.*

#### *Keberlangsungan Usaha (Sustainability)*

Sukses merupakan tujuan dari setiap didirikannya usaha. Dengan menggunakan modal tertentu, seseorang atau sekelompok orang mendirikan usaha dengan harapan dapat melipatgandakan modalnya. Atas dasar tersebut, dapat disebutkan bahwa kriteria sukses adalah hasil/keuntungan yang didapatkan. Lebih kompleks lagi, Al-Tmeemy, Abdul-Rahman dan Harun (2010) mengkategorikan sukses kedalam tiga dimensi, yaitu kesuksesan manajemen proyek, kesuksesan produk, dan kesuksesan pasar. Kesuksesan manajemen proyek berupa ketepatan pada target, jadwal dan rencana biaya, kesuksesan produk berupa kepuasan pelanggan akan spesifikasi dan kinerja produk. Sedangkan kesuksesan pasar berupa keuntungan, reputasi, keunggulan persaingan dan pangsa pasar. Bila semua hal tersebut telah tercapai, maka dapat dikatakan bahwa suatu usaha berhasil atau sukses.

Permasalahan muncul ketika konsep tersebut dijalankan oleh pelaku usaha, yaitu modal yang dimiliki suatu saat akan habis. Modal berhubungan erat dengan sumber daya dan lingkungan sekitar, dimana jika tidak diberdayakan suatu saat akan habis dan tidak lagi memberi keuntungan.

Kuhlman dan Farrington (2010) menemukan kondisi dimana terjadi kontradiksi antara keinginan untuk sukses dengan kepedulian lingkungan. Mengambil keuntungan sebesar-besarnya memerlukan modal terutama dari lingkungan dan sumber daya di alam, namun tidak memperhatikan keadaan lingkungan. Akibatnya sumber daya alam dan lingkungan perlahan-lahan terus berkurang dan habis dalam masa mendatang sehingga keuntungan terus menurun dan bahkan merugi.

Fokus dan tujuan dari setiap industri adalah produktivitas, efektifitas, efisiensi, dan biaya produksi, atau dengan kata lain berusaha semaksimal mungkin untuk mendapatkan untung besar dari modal yang seminimal mungkin. Efek negatifnya adalah bahwa seringkali produktivitas hanya berfokus pada keuntungan semata dan mengabaikan kondisi alam yang terus dikotori dan dicemari. Akibatnya dapat diperkirakan jika suatu saat sumber daya alam sebagai modal tersebut habis, lingkungan kotor dan tercemar, maka usaha tersebut tidak dapat dilanjutkan dan tidak ada lagi sisa untuk generasi di masa mendatang. Oleh karena itu, konsep *sustainability* mulai disadari dan digunakan oleh berbagai perusahaan, terutama yang memproduksi produk fisik. Prediksi bahwa segala sumber daya alam yang penting untuk kehidupan akan habis dalam waktu satu atau dua generasi menyadarkan bahwa lingkungan seharusnya dijaga bukan karena nilai-nilai intrinsiknya, melainkan untuk mempersiapkan sumber daya bagi generasi selanjutnya (Kuhlman & Farrington, 2010).

Bartlett (2012) mendefinisikan *sustainability* sebagai segala tindakan dan perbuatan yang dilakukan yang tidak membahayakan atau mengurangi tindakan dan perbuatan dari generasi mendatang. Generasi mendatang yang dimaksud tidak hanya berarti satu atau dua generasi, melainkan sepanjang manusia masih ada di bumi, atau tak berhingga lamanya. Keberhasilan menjalankan bisnis yang *sustainable* berarti mampu untuk tetap bertahan dalam waktu yang panjang, dari generasi ke generasi, dan tidak hanya berarti keuntungan besar dalam jangka waktu yang pendek.

Secara singkat, *sustainability* berarti mampu mengembangkan usaha sekarang tanpa mengurangi potensi perkembangan usaha pada generasi mendatang. Usaha dengan tujuan *sustainability* mulai ramai dibahas sejak sekitar beberapa dekade terakhir (Adams *et al.*, 2009; Bonini & Gomer, 2011; Kuhlman & Farrington, 2010; Leon, 2013; Earns & Young, 2013) sebagai tujuan usaha dan kriteria dalam mengukur keberhasilan suatu usaha. Perusahaan yang mengacu pada konsep *sustainability* memiliki potensi yang lebih besar dalam meningkatkan nilai dan memaksimalkan kesejahteraan bagi para pemegang sahamnya, serta mampu membentuk *brand* dan reputasi perusahaan atau produk dalam jangka waktu panjang (Adams *et al.*, 2009; Clark, Feiner, & Viehs, 2014).

Laporan Bonini dan Gomer (2011) menggambarkan bahwa perusahaan yang menerapkan konsep *sustainability* memiliki keunggulan dalam kompetisi yang lebih baik dibandingkan dengan perusahaan yang hanya menerapkan konsep *profit* semata. Keunggulan itu antara lain tidak mudah tergoyahkan oleh perubahan-perubahan pada pasar, bahkan mampu memposisikan diri menentukan perubahan-perubahan tersebut, mampu bergerak dan mengambil keputusan lebih cepat, dan sulit untuk dikejar dan dijatuhkan karena posisinya yang sudah *sustainable* dan stabil.

Ditambah lagi oleh penelitian Busch, Stinchfield dan Wood (2011) yang menemukan bahwa pandangan dan target perusahaan yang tidak lagi berorientasi pada profit jangka pendek, cenderung memiliki kinerja yang lebih baik, serta berumur panjang. Selain itu, penelitian Clark *et al.* (2014) menemukan fakta bahwa perusahaan yang telah menerapkan konsep *sustainability* mampu menurunkan biaya-biaya modal dan produksinya, memiliki performa yang lebih baik dalam hubungannya dengan lingkungan, sosial dan pemerintahan, serta mampu mencapai kinerja dan kenaikan yang baik pada harga sahamnya.

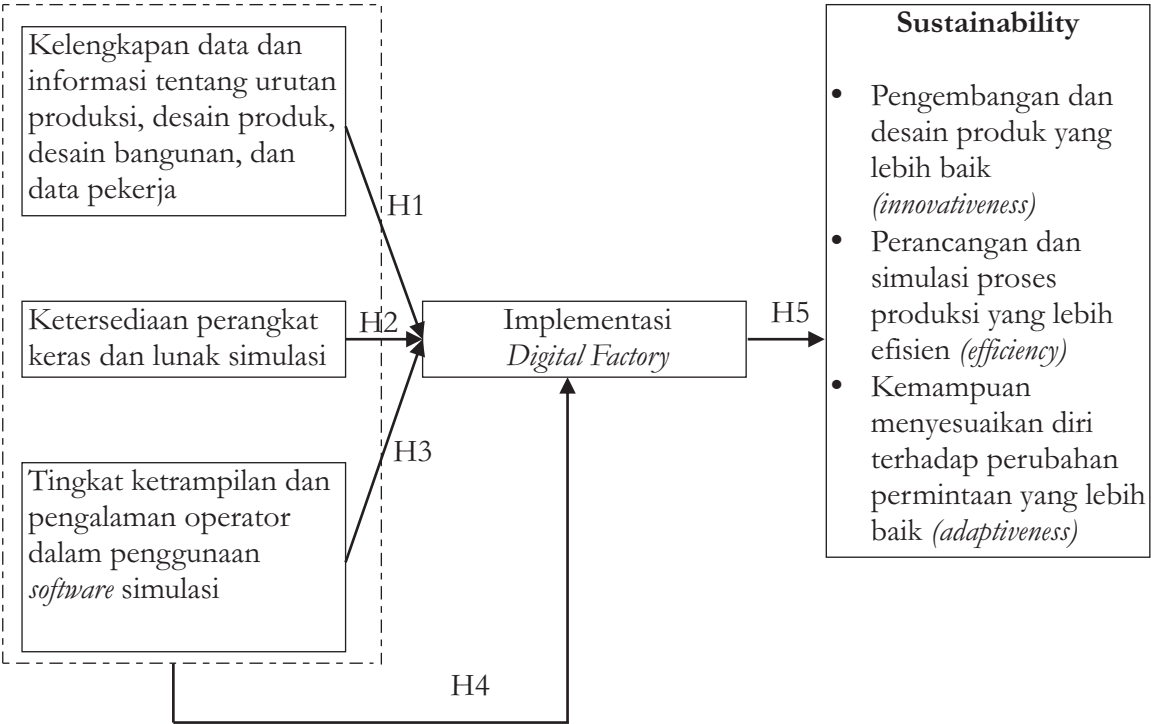
Tiga wilayah sebagai hasil dari penerapan *sustainability* yang baik, yaitu peningkatan pertumbuhan perusahaan, manajemen risiko yang lebih baik dan tingkat penerimaan atau pengeluaran yang lebih optimal juga merupakan *outcomes* dari penerapan konsep *sustainability* (Bonini & Gorner, 2011). Menurut Leon (2013) perusahaan dengan konsep *sustainability* ditambah dengan konsep *knowledge-based organization*, secara teoritis, akan lebih mampu untuk beradaptasi pada ketidakpastian dan perubahan-perubahan lingkungan bisnis yang semakin cepat. Secara kontekstual, rumusan Hipotesis 5 pada penelitian ini dapat diajukan sebagai berikut:

*H5: Implementasi DF yang dipengaruhi oleh kelengkapan data dan informasi, ketersediaan hardware dan software yang canggih, dan tingkat kemampuan dan pengalaman operator dalam melakukan simulasi virtual, berpengaruh secara signifikan positif terhadap keberlangsungan perusahaan.*

*H5a: Implementasi DF yang dipengaruhi oleh kelengkapan data dan informasi, ketersediaan hardware dan software yang canggih, dan tingkat kemampuan dan pengalaman operator dalam melakukan simulasi virtual, berpengaruh secara signifikan positif terhadap proses pengembangan dan desain produk.*

*H5b: Implementasi DF yang dipengaruhi oleh kelengkapan data dan informasi, ketersediaan hardware dan software yang canggih, dan tingkat kemampuan dan pengalaman operator dalam melakukan simulasi virtual, berpengaruh secara signifikan positif terhadap efektivitas perancangan dan simulasi proses produksi.*

*H5c: Implementasi DF yang dipengaruhi oleh kelengkapan data dan informasi, ketersediaan hardware dan software yang canggih, dan tingkat kemampuan dan pengalaman operator dalam melakukan simulasi virtual, berpengaruh secara signifikan positif terhadap kemampuan perusahaan menghadapi perubahan pasar.*



Gambar 1. Model penelitian



## Metodologi Penelitian

Sebagai penelitian pendahuluan, penelitian ini dilakukan pada usaha industri pengolahan plastik skala menengah di Tangerang, yang telah menerapkan teknologi digital dalam proses produksinya. Dengan menggunakan pendekatan survei dalam studi kasus (Yin, 2009), data primer berupa respon dari 14 karyawan senior, dari total 54 karyawan di bagian produksi, digunakan dalam pengolahan data. Karyawan dipilih secara *purposive sampling*, dengan kriteria berikut: minimal telah bekerja selama tiga tahun di perusahaan tersebut, terlibat dalam proses simulasi dalam perusahaan, dan berhubungan dengan perencanaan produksi.

Dalam penelitian ini, uji validitaskriteria (*criterion validity*) dilakukan untuk memastikan bahwa alat ukur yang digunakan memiliki keterkaitan dengan hasil yang diperoleh. Uji reabilitas bertujuan mengetahui apakah suatu kuesioner mengukur apa yang hendak diukur atau tidak. Uji reabilitas menggunakan acuan *Cronbach Alpha Based on Standarized Items* minimal 0,60 (Sunardi & Tjakraatmadja, 2013). Uji validitas terbagi menjadi dua berdasarkan jenis distribusi data. Data yang terdistribusi normal diuji validitasnya dengan uji *Pearson Correlation* menggunakan data interval interval hasil konversi *Successive Interval* (MSI). Sedangkan data yang tidak terdistribusi normal diuji validitasnya dengan uji *Spearman's Rho Correlation* menggunakan data asli berskala ordinal. Uji validitas dan reliabilitas dilakukan dengan software SPSS 18.

Pengujian hipotesis dilakukan dengan metode *Partial Least Squares Path Modeling* (PLS-PM) dengan bantuan SmartPLS 2.0. PLS-PM merupakan salah satu jenis regresi, yaitu menghitung pengaruh antara variabel yang satu dengan variabel yang lain. PLS-PM tidak membutuhkan asumsi-asumsi klasik seperti normalitas, multikolinearitas, heteroskedastisitas, autokorelasi, dan linearitas, sehingga merupakan uji statistik non parametrik (Latan & Gozali, 2012).

Tahapan analisis PLS-PM dimulai dari konseptualisasi model, kemudian menentukan metoda analisis algoritma dan *resampling*, menggambar diagram jalur, dan evaluasi model. Model penelitian ini berupa model multi-dimensional dengan indikator refleksif sehingga evaluasi model menggunakan *second order construct*. Algoritma *resampling* menggunakan metode *bootstrapping*.

## Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan data dilakukan dengan metode *purposive sampling* pada pekerja yang menangani bagian produksi dan telah bekerja minimal satu tahun pada perusahaan, berpendidikan minimal SMA. Diperoleh 14 orang yang memenuhi kriteria tersebut dari jumlah keseluruhan pekerja yaitu 54. Uji normalitas, reabilitas, dan validitas menghasilkan beberapa butir yang harus dikeluarkan.

Evaluasi model PLS-PM dibagi menjadi dua, yaitu evaluasi *Outer Model* dan evaluasi *Inner Model*. Evaluasi *Outer Model* dilakukan dengan menguji validitas konvergen, validitas diskriminan dan reabilitas konstruk. Evaluasi *Outer Model* menghasilkan tiga indikator tidak memenuhi reabilitas dan validitas konstruk sehingga harus dikeluarkan dan dilakukan evaluasi *Outer Model* sekali lagi setelah ketiga indikator tersebut dikeluarkan. Konstruk dianggap memenuhi validitas konvergen jika nilai *loading factor* indikator bernilai lebih dari 0,70 dan nilai AVE di atas 0,50 (Stefany & Sunardi, 2014). Validitas diskriminan tercapai jika setiap nilai akar kuadrat AVE masing-masing variabel melebihi koefisien korelasi antar variabel. Semua nilai *Composite Reliability* variabel bernilai di atas 0,70 yang merupakan kriteria minimum suatu konstruk dikatakan reliabel.

Tabel 2.  
*Hasil Uji Normalitas, Reabilitas, dan Validitas*

Indikator	Butir	Butir setelah Uji	Distribusi	Validitas
X1a	4	4	Normal	
X1b	5	5	Normal	
X1c	4	4	Tidak Normal	
X2a	3	3	Normal	
X2b	4	4	Normal	
X2c	3	3	Tidak Normal	
X3a	5	3	Normal	2 butir dikeluarkan
X3b	5	4	Tidak Normal	1 butir dikeluarkan
X3c	5	4	Normal	1 butir dikeluarkan
X4a	4	3	Normal	1 butir dikeluarkan
X4b	4	4	Normal	
X5a	3	3	Tidak Normal	
X5b	3	3	Tidak Normal	
X5c	3	2	Tidak Normal	1 butir dikeluarkan

Tabel 3.  
*Akar Kuadrat AVE dan Korelasi Antar Variabel*

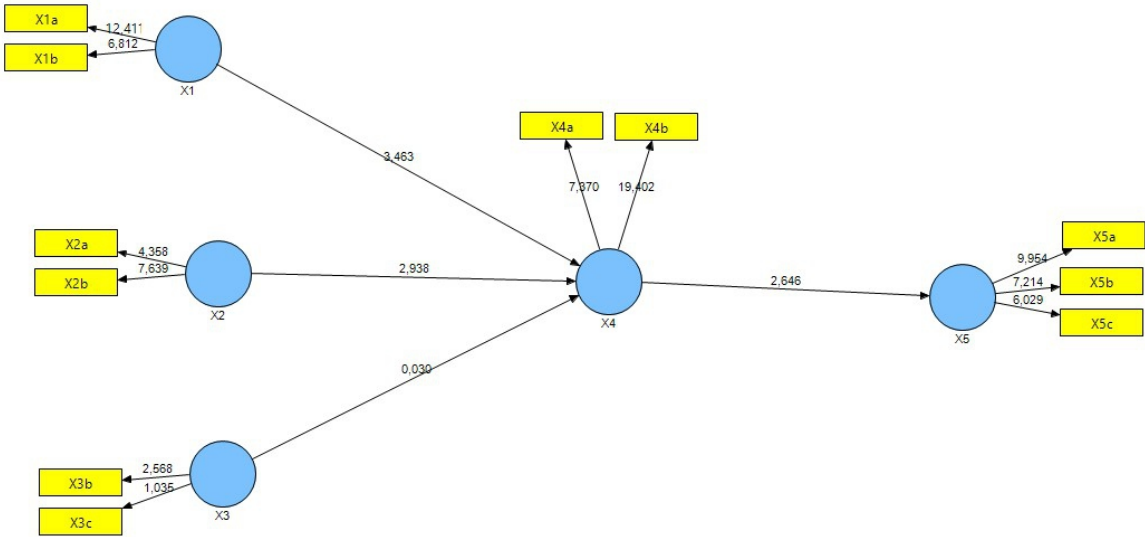
Variabel	X1	X2	X3	X4	X5
X1	<b>0,842</b>				
X2	0,029	<b>0,893</b>			
X3	0,111	0,321	<b>0,907</b>		
X4	0,539	0,521	0,175	<b>0,900</b>	
X5	0,358	0,400	0,055	0,487	<b>0,931</b>

Tabel 4.  
*Loading Factor, AVE, dan Composite Reability Konstruk*

Indikator	<i>Loading Factor</i>	AVE	<i>Composite Reliability</i>
X1a	0,892		
X1b	0,788	0,708	0,829
X2a	0,960		
X2b	0,831	0,798	0,887
X3b	0,902		
X3c	0,911	0,822	0,902
X4a	0,897		
X4b	0,902	0,809	0,894
X5a	0,966		
X5b	0,913	0,866	0,951
X5c	0,913		

Evaluasi *Inner Model* dilakukan dengan metode *bootstrapping*. Jumlah *resampling* yang dipakai untuk *bootstrapping* adalah sejumlah populasi dari objek penelitian, yaitu 54. Hasil evaluasi *Inner Model* adalah nilai t-hitung yang akan menguji hipotesis penelitian.

T-hitung yang digunakan adalah pada tingkat keyakinan 90% dan jumlah sampel 14, maka nilai *df* adalah  $14 - 2$ , yaitu 12 (Latan & Ghozali, 2012). Nilai t-hitung berdasarkan tabel adalah 1,356. Hasil evaluasi inner model dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil evaluasi *inner model*

Tabel 5.  
*Path Coefficient dan Pengujian Hipotesis*

H	Hipotesis	<i>Path Coefficient</i>	t-hitung	t-tabel	Keputusan
H1	X1 → X4	0,529	3,463	1, 356	Diterima
H2	X2 → X4	0,522	2,938	1, 356	Diterima
H3	X3 → X4	-0,051	0,030	1, 356	Ditolak
H5	X4 → X5	0,487	2,646	1, 356	Diterima

Untuk menghitung pengaruh variabel X1, X2, dan X3 secara bersama-sama terhadap variabel X4 dilakukan perhitungan nilai *effect size*  $f^2$ . Nilai  $f^2$  hasil perhitungan adalah 1,404. Batas-batas nilai  $f^2$  berdasarkan Latan dan Ghozali (2012) adalah 0,02 untuk kecil, 0,15 untuk menengah dan 0,35 untuk besar. Nilai 1,404 termasuk dalam ukuran besar. Artinya ketiga variabel, yaitu X1, X2, dan X3 berpengaruh kuat terhadap variabel X4 dan H4 diterima. Perhitungan *Goodness of Fit* (GoF) kemudian dilakukan untuk menguji kecocokan model secara keseluruhan. Nilai GoF didapat dari hasil akar kuadrat dari rata-rata *communality* dikalikan rata-rata *r-square* hasil evaluasi *Outer Model*. Nilai GoF yang dihasilkan adalah 0,573.

Nilai tersebut menunjukkan tingkat kecocokan model PLS-PM adalah besar. Nilai GoF *small* untuk 0,10, *medium* untuk 0,25 dan *large* untuk 0,36 (Latan & Ghozali, 2012). Dalam industri skala menengah, dimana *digital factory* belum diimplementasikan, kelengkapan data pabrik tidak digunakan untuk merancang gambar tiga dimensi *digital factory*, melainkan untuk mempermudah pencarian data dan pengolahan data mengenai pekerjaan dalam komputer. Komputerisasi diperlukan dalam produksi meskipun pada saat ini masih belum secara keseluruhan diimplementasikan, namun perlahan pasti akan dilakukan dan data mengenai pabrik itu memang penting.

Data yang lengkap jika telah diintegrasikan ke dalam perangkat lunak komputer, dapat mempermudah pekerjaan karena lebih terorganisir dan terintegrasi. Kondisi demikian, meskipun tidak dapat disebut sebagai gambaran pabrik secara visual atau kasat mata, tetapi dapat dikatakan memiliki data yang lengkap dan dapat mewakili seluruh pabrik tersebut.

Pemahaman kebutuhan perangkat komputer untuk simulasi kerja saat ini diyakini lebih kepada kebutuhan perangkat komputer untuk bekerja. Wawancara dengan *expert* dari perusahaan mengenai kebutuhan perangkat komputer yang canggih menunjukkan bahwa perangkat tidak harus canggih, melainkan hanya sesuai kebutuhan. Perangkat komputer memang perlu, namun hanya sebatas kebutuhan dengan spesifikasi secukupnya, atau di atas minimum. Pemakaian komputer untuk contoh kerja tampak masih belum terlalu dipahami, melainkan pemahaman mengarah ke penggunaan komputer dalam pekerjaan. *Digital factory* masih diartikan sebagai komputerisasi proses produksi. Pemahaman konsep *digital factory* ini bertolak belakang dengan kriteria yang diajukan oleh Delmia (2010). Delmia berargumen bahwa *digital factory* harus memenuhi kelengkapan perangkat lunak minimum, yang meliputi: *digital product*, berupa *software* perancangan produk dengan dilengkapi parameter statis dan dinamis; *digital production planning*, berupa *software* perencanaan produksi secara terintegrasi; dan *digital production*, berupa *software* simulasi proses produksi yang mampu memanfaatkan data dan informasi dari digital.

Pekerja harus tahu cara pengoperasian mesin sebagai batas minimum. Kemampuan pekerja dalam bidang komputer cukup seadanya saja, tidak harus ahli. Dapat disimpulkan bahwa kemampuan menggunakan komputer diperlukan untuk pekerjaan tertentu saja, tidak mutlak harus semua pekerja bisa, bahkan ahli dalam penggunaan komputer. Pekerja yang mampu menggunakan komputer lebih baik dibandingkan yang lain tidak akan mendapat perlakuan istimewa dalam keadaan ini, karena

yang dibutuhkan hanyalah kemampuannya secara minimal. Sekalipun tidak ada pekerja yang ahli atau berkemampuan tinggi dalam bidang komputer, komputerisasi dalam perusahaan masih dapat dilakukan dan berjalan dengan baik.

Penggunaan komputer dalam suatu perusahaan efeknya akan menguntungkan perusahaan, dengan sistem komputer yang berjalan dengan baik, dapat jauh mempermudah pekerjaan di berbagai hal sehingga sangat menguntungkan perusahaan. Meskipun belum sampai pada tahap *digital factory*, yaitu simulasi kerja dengan komputer, perusahaan dengan skala menengah lebih banyak memfokuskan diri pada implementasi penggunaan komputer untuk simulasi proses produksi secara sederhana. Meskipun diyakini masih sederhana, kebutuhan akan data dan informasi yang lengkap terkait *factory* merupakan hal yang sangat penting. Dalam konteks ini, pengertian *digital factory* bisa disamakan dengan komputerisasi itu sendiri karena merupakan tahap awal dari *digital factory*, dan sifatnya masih terbatas pada simulasi proses produksi. Temuan ini searah dengan argumen Bley dan Zenner (2005). Bley dan Zenner berargumen bahwa penerapan *digital factory* akan selalu dimulai dengan penggunaan komputer simulasi pada skala yang lebih kecil terlebih dahulu, terutama pada simulasi proses produksi. Meskipun hanya terkait pada lingkup yang kecil, perusahaan harus terlebih dahulu melengkapi data dan informasi terkait *factory*, sehingga akurasi simulasi menjadi lebih andal.

## Simpulan

Penelitian pendahuluan ini mengindikasikan bahwa kelengkapan data dan informasi tentang urutan produksi, desain produk, desain bangunan, dan data pekerja berpengaruh signifikan positif terhadap implementasi *digital factory*. Hal ini disebabkan karena dalam implementasi sistem komputer yang merupakan dasar dari *digital factory* memang membutuhkan data yang lengkap agar mempermudah mengakses atau mengambil data.



Dengan data yang lengkap dalam komputer, bentuk *digital factory* yang hanya berupa data dan bukan gambaran visual dapat terbentuk. Penelitian ini juga mengindikasikan bahwa ketersediaan perangkat keras dan lunak simulasi berpengaruh signifikan positif terhadap implementasi *digital factory*. Ketersediaan perangkat komputer dibutuhkan dalam mempermudah berbagai pekerjaan dan pengambilan keputusan. Namun perangkat yang canggih untuk hal-hal di luar pekerjaan pada umumnya masih belum dibutuhkan. Perbedaan pemahaman akan kriteria *software* canggih terjadi, karena pada prakteknya, perusahaan skala menengah belum menggunakan komputer pada tingkat yang lebih tinggi, seperti simulasi virtual, melainkan hanya sekadar pekerjaan manual digantikan dengan komputer serta *software* simulasi generik seperti *ProModel* dan *Arena*.

Kemampuan atau *skill* pekerja dalam bidang simulasi virtual tidak berpengaruh signifikan positif terhadap implementasi *digital factory*. Hal ini disebabkan karena tidak semua pekerja menggunakan komputer dan tidak semua pekerja diharuskan bisa menggunakan komputer dan perangkat simulasi. Kemampuan pekerja cukup hanya batas minimum yaitu tahu cara pengoperasian mesin yang mereka kerjakan, terutama mesin dengan teknologi *computerized numerical control* (CNC). Sekalipun tidak ada pekerja yang ahli dalam *software* simulasi modern didalam perusahaan, perusahaan bisa tetap berjalan dengan pekerja yang kemampuannya melewati standar minimum.

Pengaruh seluruh kriteria *digital factory* terhadap implementasi *digital factory* dapat dikategorikan signifikan positif. Dengan kata lain, dapat disimpulkan bahwa kelengkapan data, ketersediaan perangkat keras dan lunak simulasi, dan kemampuan atau *skill* pekerja dalam bidang simulasi virtual secara bersama-sama memiliki pengaruh yang signifikan terhadap implementasi *digital factory*. Selain itu, implementasi *digital factory* yang dipengaruhi oleh kelengkapan data dan informasi tentang urutan produksi, desain p r o d u k , d e s a i n

bangunan, dan data pekerja, ketersediaan perangkat keras dan lunak simulasi, dan tingkat kemampuan atau *skill* pekerja dalam bidang simulasi virtual, berpengaruh secara signifikan positif terhadap keberlangsungan perusahaan. Hal ini disebabkan karena banyaknya keuntungan yang dirasakan dari implementasi *digital factory* secara sederhana dalam perusahaan.

Implementasi *digital factory* pada industri manufaktur skala menengah di Indonesia diharapkan mampu menawarkan metode dan solusi penggunaan *software* simulasi virtual untuk pengembangan produk *digital*, pabrikasi *digital*, peningkatan kecepatan dan efektivitas produksi, dengan berpedoman pada apa yang menjadi permintaan pasar atau kebutuhan konsumen yang terus berubah-ubah seiring berkembangnya jaman. Selain itu, implementasi *digital factory* pada industri manufaktur skala menengah di Indonesia diprediksi mampu memberikan solusi yang kolaboratif dalam mendukung para operator mulai dari perencanaan proses pada setiap tahapan utama dari pengembangan produk, beserta perencanaan tahapan produksinya. Nilai tambah lain dari penerapan *digital factory* adalah kemampuan melakukan penyesuaian seiring perubahan dalam teknologi informasi dan teknologi manufaktur. Implementasi *digital factory* diharapkan mampu mengintegrasikan seluruh data produk, proses produksi dan informasi pabrik itu sendiri.

Dengan kata lain, *digital factory* merupakan integrasi dari berbagai kegiatan simulasi itu sendiri, yang membutuhkan kelengkapan data dan informasi tentang urutan produksi, desain produk desain bangunan dan data pekerja, ketersediaan perangkat keras dan lunak untuk simulasi, serta tingkat ketrampilan dan pengalaman operator dalam penggunaan *software* simulasi. Namun demikian, mengingat penelitian ini baru terbatas pada satu perusahaan skala menengah di Tangerang yang bergerak di bidang produksi barang-barang plastik, maka diperlukan penelitian yang lebih mendalam yang melibatkan subyek penelitian yang lebih luas.

Penelitian selanjutnya dapat pula mempertimbangkan faktor pembelajaran organisasi, seperti 'penerapan *knowledge management*' dalam mengukur bagaimana proses berbagi pengetahuan turut berperan dalam penerapan *digital factory* dan pencapaian keberlangsungan perusahaan.

## Daftar Pustaka

- Adams, M., Thornton, B., & Sepehri, M. (2011). The impact of the pursuit of sustainability on the financial performance of the firm. *Journal of Sustainability and Green Business*, 1 – 14.
- Agwu, M. O., & Emeti, C. I. (2014). Issues, challenges and prospects of small and medium scale enterprises (SMEs) in Port-Harcourt City, Nigeria. *European Journal of Sustainable Development*, 3 (1), 101 – 114.
- Al-Tmeemy, S. M. H., Abdul-Rahman, H., & Harun, Z. (2010). Future criteria for success of building projects in Malaysia. *International Journal of Project Management*, 29 (3), 337 – 348.
- Badan Pusat Statistik (2014). *Jumlah perusahaan industri besar sedang menurut SubSektor* [diunduh 23 Maret 2015 dari [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id)].
- Bank Indonesia (2011). *Buku kajian akademik peneringkat kredit bagi usaha mikro, kecil dan menengah di Indonesia*. Jakarta: Bank Indonesia [diunduh 23 Maret 2015 dari [www.bi.go.id](http://www.bi.go.id)].
- Barlett, A.A. (2012). The meaning of sustainability. *Teachers Clearinghouse for Science and Society Education Newsletter*, 31 (1), 1-17.
- Bley, H. & Zenner, C. (2005). Handling of process and resource variants in the digital factory. *CIRP Journal of Manufacturing Systems*, 34 (2), 187-194.
- Rohrlack, T. (2008). *The digital factory: from concept to reality*. Bentley Solutions [diunduh 23 Maret 2015 dari [www.bentley.com](http://www.bentley.com)].
- Bonini, S. & Gerner, S. (2011). *The business of sustainability: putting it into practice. sustainability & resource productivity practice*, McKinsey & Company [diunduh 14 Juni 2015 dari [www.mckinsey.com](http://www.mckinsey.com)].
- Brian, G.F. & Shingirayi, M. (2013). Challenges faced by small to medium scale enterprises: A case study of Chitungwiza, Zimbabwe. *Greener Journal of Business and Management Studies*, 4 (4), 103 – 107.
- Busch, T., Stinchfield, B.T. dan Wood, M.S. (2011). *A triptych inquiry: rethinking sustainability, innovation, and financial performance*. [Working Paper]. Duisenberg School of Finance - Tinbergen Institute Discussion Paper [diunduh pada 11 Juli 2015 dari [www.papers.tinbergen.nl](http://www.papers.tinbergen.nl)].
- Caggiano, A. (2010). *Digital factory concept implementation for flexible and reconfigurable manufacturing systems modelling and analysis* [Thesis]. Napoli: Universita Degli Studi di Napoli Federico II, Italia.
- Clark, G. L., Feiner, A. & Viehs, M. (2014). *From the stockholder to the stakeholder: how sustainability can drive financial outperformance*. [Working Paper]. Oxford: University of Oxford [diunduh pada 24 Juni 2015 dari [www.smithschool.ox.ac.uk](http://www.smithschool.ox.ac.uk)].
- Dassault Systemes. (2010). *DELMIA Version 5 Release 20 Modification Level 0*. Dassault Systemes [diunduh 23 Maret 2015 dari [www.3ds.com](http://www.3ds.com)].
- Delmia (2010). *Solutions Portfolio*. DELMIA. Paris.
- Earns & Young (2013). 2013 Six growing trends in corporate sustainability. *GreenBiz corporation* [diunduh pada 15 Juni 2015 dari [www.ey.com](http://www.ey.com)].
- Furmann, R. (2007). *The proposal of an algorithm for layout design in virtual environment*. [Dissertation Thesis]. Slovakia: University of Zilina, Mechanical Engineering Faculty.
- Furmann, R. & Krajčovič, M. (2009). *Interactive 3D design of production systems*. In: Digital Factory 2009 – Workshop Handbook, SLCP, Žilina, pp.28.
- Gregor, M. & Medvecký, S. (2010). Digital factory: theory and practice. *Engineering the Future*, Laszlo Dudas (Ed.), InTech, [diunduh 23 Maret 2015 dari [www.intechopen.com](http://www.intechopen.com)].

- Hsieh, C. T. & Olken, B. A. (2014). The missing “Missing Middle”. *Journal of Economic Perspectives*, 28 (3), 89-108.
- Kazimoto, P. (2014). Assessment of challenges facing small and medium enterprises towards International Marketing Standards: a Case Study of Arusha Region Tanzania. *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences*, 4 (2), 303 – 311.
- Kementerian Koperasi dan Usaha Kecil Menengah (2014). *Perkembangan data usaha mikro, kecil, menengah (UMKM) dan Usaha Besar (UB) 2012-2013*. Jakarta: Kementerian Koperasi dan UKM Republik Indonesia [diunduh 23 Maret 2015 dari [www.bi.go.id](http://www.bi.go.id)].
- Kuehn, W. (2006). Digital factory – integration of simulation enhancing the product and production process towards operative control and optimization. *International Journal of Simulation*, 7 (7), 27-39.
- Kuhlman, T. & Farrington, J. (2010). What is sustainability?. *Sustainability*, 2 (11), 3436 – 3448.
- Kurkin, O. & Bures, M. (2011). Evaluation of operational times by MTM Methods in the Digital Factory Environment. *Annals of DAAAM the 22nd International DAAAM Symposium*, Vienna, Austria, 2011, 22 (1), 671-672.
- Latan, H. & Ghozali, I. (2012). *Partial least squares: konsep, teknik dan aplikasi menggunakan SmartPLS 2.0*. Semarang: Penerbit Universitas Diponegoro.
- Leon, R. (2013). From the sustainable organization to sustainable knowledge-based organization. *Economics Insights-Trends and Challenges*, 2 (2), 63– 73.
- Manenti, P. (2014). *The Digital factory: game-changing technologies that will transform manufacturing industry*. *SCM World Report*, 29 November 2014 [diunduh 04 Januari 2015 dari [www.scmworld.com](http://www.scmworld.com)].
- SCM World (2014). *The Future of manufacturing*. [diunduh 23 Maret 2015 dari [www.scmworld.com](http://www.scmworld.com)].
- Stefani, V. & Sunardi, O. (2014). Peran *Dependency, Commitment, Trust* dan *Communication* terhadap Kolaborasi Rantai Pasok dan Kinerja Perusahaan: Studi Pendahuluan. *Jurnal Manajemen Teknologi*, 13 (3), 322-333.
- Sunardi, O. & Tjakraatmadja, J. H. (2013). *Enablers to Knowledge Management Implementation in Indonesian Medium-sized Manufacturing Enterprises: A Preliminary Study*. Prosiding ilmiah pada 12th International DSI dan the 18th Asia Pacific DSI Conference, Bali, Indonesia, 2013 [diunduh pada 20 Juli 2015 dari [www.gebrc.nccu.edu.tw](http://www.gebrc.nccu.edu.tw)].
- Tambunan, T. (2011). *The Impacts of trade liberalization on Indonesian small and medium-sized enterprises*. International Institute for Sustainable Development. TKN Policy Paper.
- Tambunan, T. & Chandra, A.C. (2014). Utilisation Rate of Free Trade Agreements (FTAs) by Local Micro-, Small- and Medium-Sized Enterprises: A Story of ASEAN. *Journal of International Business and Economics*, 2(2), 133-163.
- Yin, R.K. (2009). *Case study research: design and methods, 5th Edition*. Google Books [serial online] [diunduh 4 Mei 2015 dari <https://books.google.com>].
- Westkämper, E., Constantinescu, C., & Hummel, V. (2006). New paradigm in manufacturing engineering: factory life cycle. *Annals of the Academic Society for Production Engineering. Research and Development*, 13, 143-146.